

PENGUJIAN KARAKTERISTIK KOMPOSIT POLIMER-KARBON SEBAGAI BAHAN SENSOR GAS

Budi Gunawan ¹

ABSTRACT

Polymer is an non-conductive material. This material can be transformed to be conductive material with adding carbon active as dopping. This such polymer is called composite polymer-carbon. With this electrically characteristic, composite polymer-carbon can be used as a gas sensor. The characteristic of composite polymer-carbon is influenced by several factors, such as type of gas, volume of gas, temperature of room and humidity of room. Each composite polymer-carbon has different characteristic which depend on the type of polymer. This characterization can be used to know examine the composite polymer-carbon. This characterization will be explore the nature of the composite polymer-carbon that has been made from 6 types of polymer, which are; PEG6000, PEG20M, PEG200, PEG1540, Silicon and Squelene. The 6 sensors composite polymer-carbon will be tested by 9 types of gas, which are; Aceton, Aceton Nitril, Benzene, Etanol, Methanol, Ethyl Aceton, Chloroform, n-Hexan and Toluene. This characterization will be grouped into 4 clasters of characteristic, which are; the selectivity (influence type of gas), the sensitifity (influence volume of gas), the influence of temperature and the influence of humidity. The methods that are used to process the data are correspondence analysis method which is used to find correlation between polymer and gas, and regression method which is used to explore the regression between.

Keywords :composit polymer-carbon, selectifity, sensitifity, correspondence analysis, regresion.

ABSTRAK

Polimer adalah sebuah molekul panjang yang mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen yang terbentuk melalui proses polimerisasi. Pada umumnya polimer dikenal sebagai materi yang bersifat non-konduktif atau isolator. Kemajuan dalam riset polimer telah menemukan berbagai polimer yang bersifat konduktif maupun semikonduktif. Salah satu cara untuk membuat polimer menjadi konduktif adalah dengan menambahkan karbon aktif sebagai dopping sehingga terbentuk bahan komposit polimer-karbon. Komposit polimer-karbon yang terbentuk mempunyai karakteristik resistansi yang berubah apabila terkena gas karena mampu mengikat molekul-molekul gas yang dideteksinya sehingga mempengaruhi sifat konduktifitasnya. Karena sifat inilah komposit polimer bisa dijadikan sebagai bahan sensor gas. Sifat konduktifitas dari komposit polimer-karbon ini dipengaruhi oleh dari beberapa faktor, yaitu; jenis gas yang dideteksi, volume gas, suhu dan kelembaban.

Untuk mengetahui karakteristik resistansi dari komposit polimer-karbon, telah dibuat sensor polimer dari 6 jenis bahan, yaitu; PEG6000, PEG20M, PEG200, PEG1540, Silikon dan Squelene untuk diuji karakteristik resistansinya. Sensor komposite polimer yang telah

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Universitas Muria Kudus

dibuat akan diuji dengan beberapa jenis gas, yaitu; Aseton, Aseton Nitril, Benzena, Etanol, Metanol, Etil Aseton, Kloroform, n-Hexan dan Toluena. Pengujian ini meliputi selektifitas (pengaruh jenis gas), sensitifitas (pengaruh volume gas), pengaruh suhu dan pengaruh kelembaban. Metode yang akan digunakan untuk mengolah data hasil pengujian adalah correspondence analysis untuk melihat korelasi antara polimer dan gas.

Kata kunci :komposit polimer-karbon, selektifitas, sensitifitas, correspondence analysis, regresi

PENDAHULUAN

Salah satu pengembangan bahan polimer pada saat ini adalah komposit polimer-karbon. Komposit polimer-karbon merupakan bahan polimer yang didoping dengan bahan karbon aktif sehingga polimer tersebut bisa bersifat konduktor. Karena sifat konduktor inilah menjadikan komposit polimer-karbon suatu zat yang berbeda dengan polimer pada umumnya dan bisa digunakan sebagai sensor gas dengan perubahan resistansinya apabila terkena gas. ^[1]

Komposit polimer-karbon yang dipakai sebagai bahan sensor ini mempunyai karakteristik konduktifitas yang berbeda-beda tergantung dari jenis polimer yang dipakai. Karakteristik konduktifitas dari komposit polimer-karbon ini terdiri dari karakteristik sensitifitas dan selektifitas. Karakteristik sensitifitas adalah sifat konduktifitas dari komposit polimer-karbon dalam pengaruhnya terhadap volume gas yang dideteksinya, sedangkan karakteristik selektifitas adalah sifat konduktifitas dari komposit polimer-karbon dalam pengaruhnya terhadap jenis gas yang dideteksinya. ^[2]

Untuk mengetahui karakteristik resistansi dari komposit polimer-karbon, dalam penelitian ini telah dibuat sensor polimer yang dapat digunakan sebagai sensor gas. Sensor polimer yang akan dibuat terdiri dari 6 jenis, yaitu; Poli Etilin Glikol (PEG) 6000, PEG 1540, PEG 20M, PEG 200, silikon, dan squalane. Sebagai sample gas digunakan 9 jenis gas, yaitu; aseton, aseton nitril, benzena, etanol, metanol, etil aseton, kloroform, n-hexan dan toluena. Pengujian yang telah dilakukan adalah menguji nilai resistansi dari komposit polimer-karbon dalam pengaruhnya terhadap jenis gas yang dideteksi (karakteristik selektifitas), volume gas yang diinjeksikan (karakteristik sensitifitas) dan pengaruh kondisi lingkungan yaitu suhu dan kelembaban.

TEORI

Polimer merupakan senyawa-senyawa yang tersusun dari molekul sangat besar yang terbentuk oleh penggabungan berulang dari banyak molekul kecil. ^[3] Molekul yang kecil disebut monomer, dapat terdiri dari satu jenis maupun beberapa jenis. Polimer adalah sebuah molekul panjang yang mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen yang terbentuk melalui proses polimerisasi dimana molekul monomer bereaksi bersama-sama secara kimiawi untuk membentuk suatu rantai linier atau jaringan tiga dimensi dari rantai polimer. Polimer didefinisikan sebagai makromolekul yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana yang setara dengan monomer, yaitu bahan pembuat polimer. ^[4] Akibatnya, molekul-molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Hal inilah yang menyebabkan polimer memperlihatkan sifat sangat berbeda dari molekul-molekul biasa meskipun susunan molekulnya sama.

Pada umumnya polimer dikenal sebagai materi yang bersifat non-konduktif atau isolator. Kemajuan dalam riset polimer telah menemukan berbagai polimer yang bersifat konduktif maupun semikonduktif. Pemakaian polimer sebagai bahan sensor dipilih jenis polimer yang bersifat konduktif agar memenuhi sejumlah kriteria yang dituntut oleh suatu sensor. Salah satunya adalah bahwa polimer itu harus mampu mengikat molekul-molekul yang dideteksinya sehingga mempengaruhi sifat konduktifitasnya. ^[5]

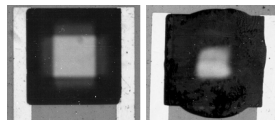
Bahan komposit diartikan sebagai gabungan dari 2 material atau lebih yang berbeda sifatnya dan akan membentuk sifat fisis yang baru. Komposit polimer-karbon terbentuk dari gabungan polimer dengan karbon yang membentuk sebuah material yang mempunyai sifat yang baru yaitu mempunyai resistansi tertentu dan nilai resistansinya berubah apabila terkena gas.

Tidak semua polimer dapat menjadi konduktif. Hanya polimer terkonjugasi (ikatan pada rantai berupa ikatan tunggal dan rangkap yang berposisi berselang-seling) yang bisa menjadi konduktor. Peranan atom atau molekul doping adalah menghasilkan cacat dalam rantai polimer tersebut (cacat struktur). Cacat inilah yang berperan dalam penghantaran listrik. Cacat dapat bermuatan positif, negative, atau netral. Secara fisika kuantum, cacat berperilaku seolah-olah sebagai partikel. Cacat dapat berpindah sepanjang rantai, sehingga menimbulkan aliran muatan. Elektron atau hole juga dapat meloncat dari satu posisi cacat ke posisi cacat yang lain (cacat tidak berpindah), sehingga timbul pula aliran listrik. ^[6]

Sensor komposit polimer-karbon dibuat dari campuran polimer dengan karbon aktif. Sensor komposit polimer-karbon mampu merespon rangsangan yang berasal dari berbagai senyawa kimia atau reaksi kimia. Saat campuran dipapar dengan uap bahan kimia, maka uap

bahan kimia akan mengenai permukaan polimer dan berdifusi ke campuran bahan polimer dengan karbon dan menyebabkan ukuran permukaan polimer bertambah luas karena adanya efek 'swelling'.^[7]

Penggunaan komposit polimer-karbon sebagai sensor gas, akan mengalami efek yang disebut 'swelling' atau efek mengembang jika terkena gas. Efek 'swelling' atau mengembang ini sebanding lurus dengan konsentrasi gas yang dideteksi. Dengan efek mengembang ini memungkinkan perubahan luas permukaan komposit polimer-karbon jika terkena gas. Ilustrasi gambar efek 'swelling' pada polimer diperlihatkan seperti pada gambar 1;



(a)

(b)

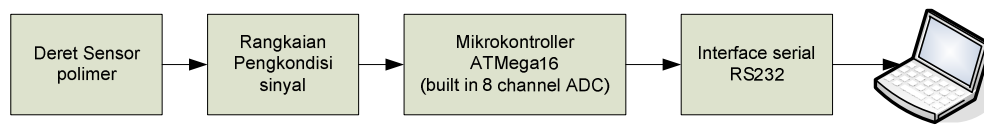
Gambar 1 Efek 'swelling' pada polimer;
(a) sebelum mengembang, (b) sesudah mengembang

Perubahan luas permukaan ini mempengaruhi perubahan resistansi dari polimer sehingga dengan perubahan resistansi ini bisa mempengaruhi juga nilai konduktivitas polimer yang merupakan kebalikan dari resistivitasnya. Dengan perubahan resistansi ini bisa dipakai sebagai keluaran sensor yang akan dibaca oleh instrumentasi elektronik.

EXPERIMEN

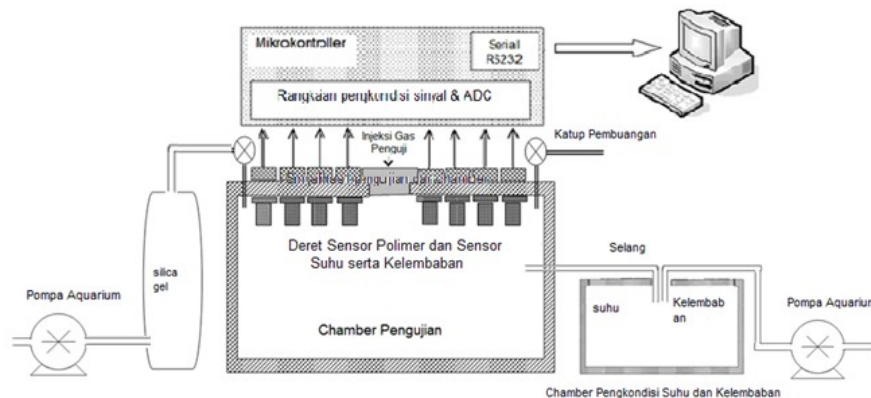
Metodologi penelitian yang digunakan dalam tesis ini adalah experimental yaitu dengan menguji 6 jenis komposit polimer-karbon dengan sampel penguji berupa 9 jenis gas. Faktor yang akan diuji ada 4, yaitu; pengaruh jenis gas (selektifitas), pengaruh volume gas (sensitifitas), pengaruh suhu dan pengaruh kelembaban sebagai pengaruh kondisi lingkungan.

Akuisisi data digunakan untuk membaca data hasil pengujian tiap sensor dari ruang pengujian pengujian. Pengambilan data ini dilakukan secara bersama-sama dari deret polimer yang diuji. Rangkaian akuisisi data ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu; rangkaian pengkondisi sinyal (RPS), konversi analog ke digital (ADC), mikrokontroller, interface serial dan komputer. Diagram blok akuisisi data diperlihatkan pada gambar 2



Gambar 2 Blok diagram akuisisi data

Skema instrumentasi pengujian secara keseluruhan terdiri dari bagian ruang pengujian, bagian akuisisi data dan komputer. Gambar skema instrumentasi pengujian diperlihatkan pada gambar 3;



Gambar 3 Skema instrumentasi pengujian

Sensor komposit polimer-karbon yang akan diuji ditempatkan didalam ruang pengujian secara berderet. Ruang pengujian dihubungkan dengan tabung penetral yang berupa silica gel yang berfungsi sebagai pengering dan pembersih sisa-sisa gas yang menempel pada sensor sebelum dialirkan gas penguji yang lain. Sebagai masukan gas penguji, ruang pengujian diberi jalan masuk untuk menginjeksikan gas penguji ke dalam ruang pengujian. Untuk memberi pengaruh kondisi lingkungan pada ruang pengujian, dihubungkan dengan ruang pengujian kedua yang berfungsi untuk menghembuskan udara dengan temperatur dan kelembaban tertentu. Ruang pengujian kedua berupa ruang pengujian kosong yang bisa dikondisikan untuk diberi udara panas atau udara lembab. Untuk pembacaan hasil resistansi sensor, ruang pengujian pengujian dihubungkan dengan rangkaian akuisisi data. Sinyal hasil pengujian masing-masing sensor kemudian dibaca oleh rangkaian akuisisi data yang kemudian diteruskan ke komputer melalui komunikasi serial RS 232 untuk ditampilkan sekaligus disimpan datanya.

HASIL & PEMBAHASAN

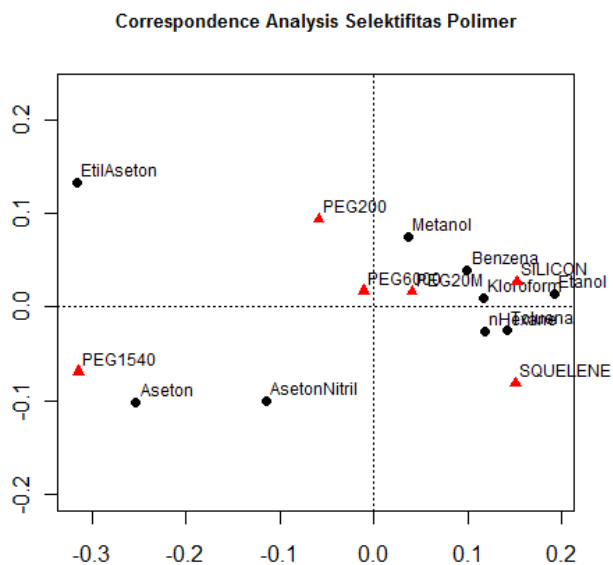
1. Pengujian terhadap jenis gas (selektifitas)

Pada pengujian selektifitas, sensor polimer diuji dengan beberapa jenis gas yaitu; aseton, aseton nitril, benzena, etanol, etil aseton, kloroform, metanol, n-hexane, dan toluena dengan volume injeksi yang sama dan pada suhu serta kelembaban yang sama. Data rata-rata hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 1;

Tabel 1. Data rata-rata resistansi polimer terhadap injeksi beberapa jenis gas

	PEG6000 (Ohm)	PEG20M (Ohm)	PEG200 (Ohm)	PEG1540 (Ohm)	SILICON (Ohm)	SQUELENE (Ohm)
Aseton	319	397	5245	4887	2468	4499
AsetonNitril	421	648	6170	5971	5231	6218
Benzena	319	547	5403	2719	4762	5022
Kloroform	357	572	6462	3034	5084	6569
Etanol	338	548	5635	2278	5078	6176
EtilAseton	357	472	7270	5152	3373	2974
Metanol	357	463	5536	2766	4157	4392
nHexane	317	423	4104	2436	4161	4585
Toluena	337	443	5336	2590	4462	6035

Untuk melihat korelasi antara polimer dengan gas sampel dilakukan pengolahan data dengan correspondence analysis menggunakan R program, hasil mapping correspondence analysis ditunjukkan pada gambar 4;



Gambar 4 Mapping CA selektifitas polimer

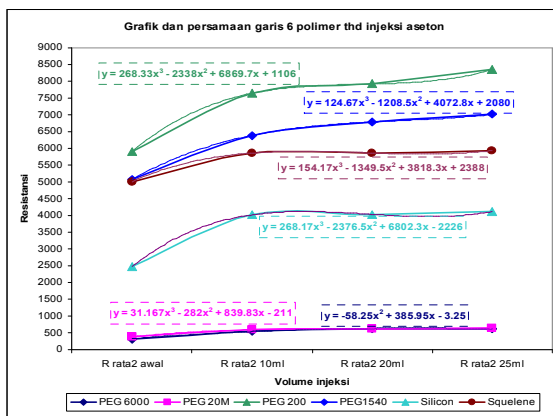
Analisa :

Pada gambar Mapping CA diatas, saat sensor polimer diinjeksi dengan gas sampel, dapat dilihat bahwa PEG6000 dengan PEG20M dan Silicon dengan Squelene memiliki kemiripan. Sedangkan PEG1540 dan PEG200 masing-masing memiliki reaksi yang berbeda dan tidak saling berhubungan. Dari 9 gas terkelompokkan menjadi tiga bagian berdasarkan posisi kedekatan antar gas. Kelompok pertama terdiri dari aseton, dan aseton nitril. Kelompok kedua terdiri dari metanol, benzena, etanol, kloroform, toluena dan n-hexane. Kelompok ketiga terdiri dari satu jenis gas etil aseton.

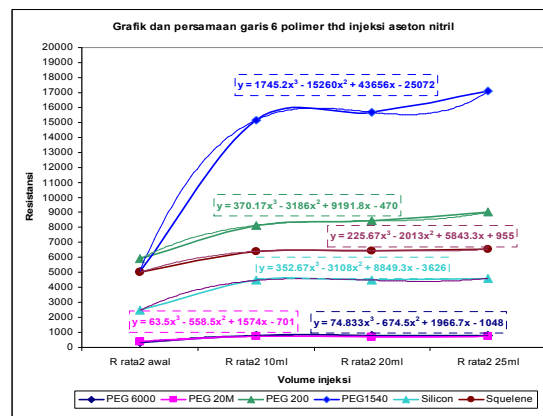
Dari mapping CA diatas terlihat bagaimana setiap gas berhubungan dengan setiap polimer. Dari ketiga kelompok gas tersebut ada beberapa jenis polimer yang mempunyai jarak yang dekat untuk masing-masing kelompok. Untuk kelompok gas pertama (aseton dan aseton nitril) polimer yang paling dekat adalah PEG1540. Kelompok gas kedua (metanol, benzena, etanol, kloroform, toluena dan n-hexane) jenis polimer yang dekat adalah PEG6000, PEG20M, PEG200, squelene dan Silicon. Kelompok ketiga (etil aseton) ada dua polimer yang mempunyai jarak kedekatan yang sama yaitu; PEG1540 dan PEG200. Kedekatan jarak ini menunjukkan kemampuan deteksi polimer yang lebih baik untuk jenis gas yang jaraknya dekat dengan polimer tersebut.

2. Pengujian terhadap volume gas (sensitifitas)

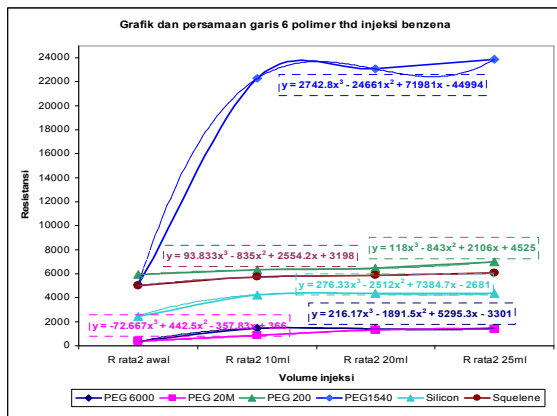
Pada pengujian sensitivitas, sensor polimer diuji dengan beberapa jenis gas dengan volume injeksi yang berbeda pada suhu dan kelembaban yang sama. Untuk melihat perubahan resistansi polimer terhadap injeksi gas, dibuat ploting grafik dan persamaannya. Grafik resistansi sensor polimer terhadap injeksi tiap gas diperlihatkan pada gambar 5 sampai gambar 13;



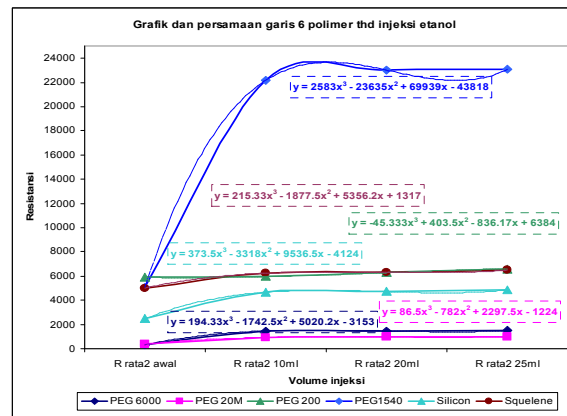
Gb. 5 Grafik polimer terhadap injeksi aseton



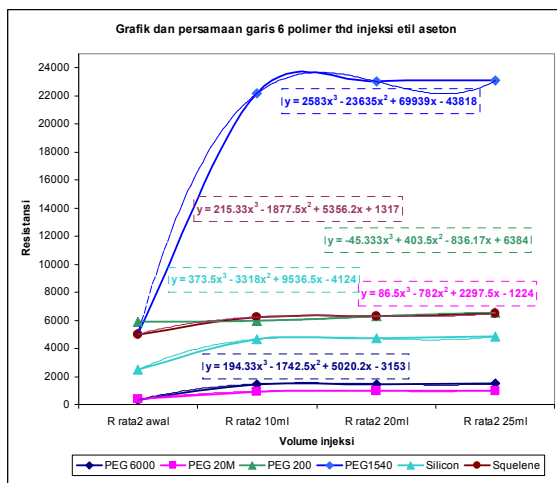
Gb. 6 Grafik polimer terhadap injeksi aseton nitril



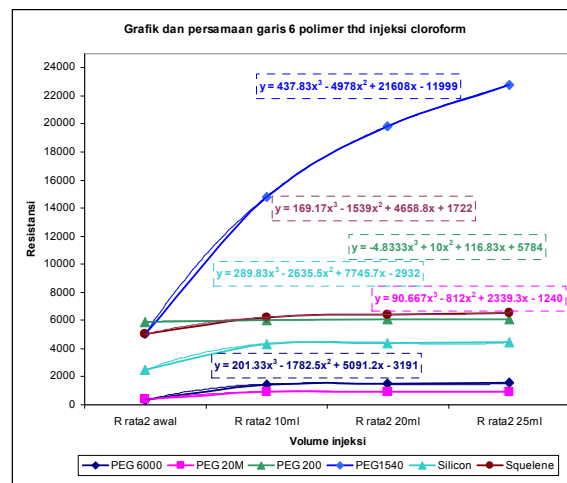
Gb. 7 Grafik polimer terhadap injeksi benzene



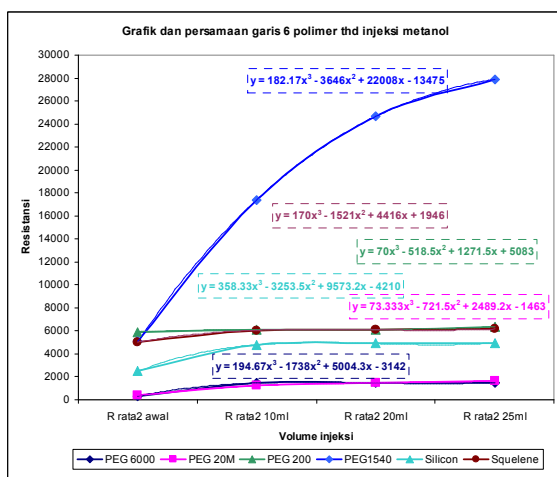
Gb. 8 Grafik polimer terhadap injeksi etanol



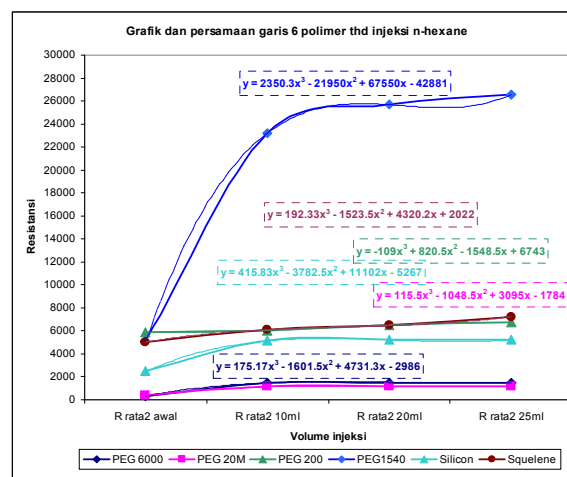
Gb.9 Grafik polimer terhadap injeksi etil asetat



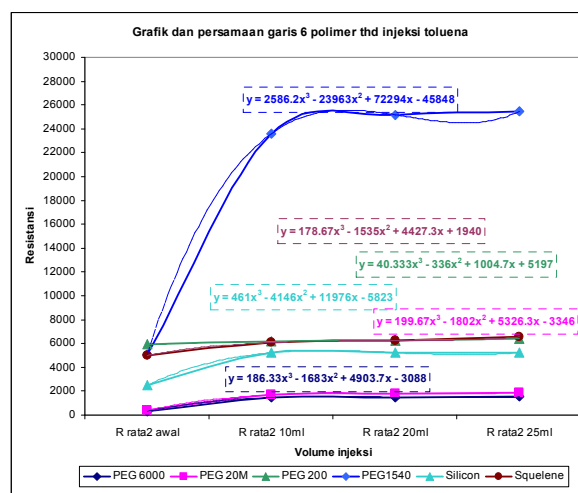
Gb. 10 Grafik polimer terhadap injeksi kloroform



Gb.11 Grafik polimer terhadap injeksi methanol



Gb.12 Grafik polimer terhadap injeksi n-hexane



Gb.13 Grafik polimer terhadap injeksi toluena

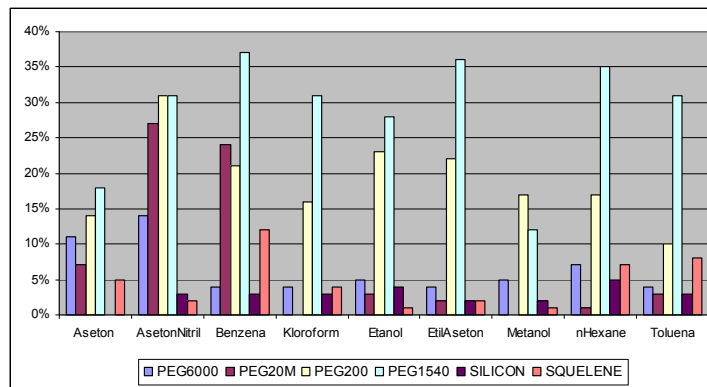
3. Pengujian terhadap pengaruh suhu

Pada pengujian pengaruh suhu, sensor polimer diuji didalam ruang pengujian dengan kondisi suhu yang bervariasi. Untuk melihat prosentase kenaikan resistansi masing-masing polimer terhadap kenaikan suhu dibuat prosentase rata-rata dari selisih setiap kenaikan suhu. Data rata-rata prosentase kenaikan resistansi polimer pengaruh suhu diperlihatkan pada tabel 3;

Tabel 3. Prosentase rata-rata kenaikan resistansi polimer pengaruh suhu

Polimer	Aseton	Aseton Nitril	Benzena	Kloroform	Etanol	Etilaseton	Metanol	nHexane	Toluena	%rata2
PEG6000	11%	14%	4%	4%	5%	4%	5%	7%	4%	6%
PEG20M	7%	27%	24%	0%	3%	2%	0%	1%	3%	22%
PEG200	14%	31%	21%	16%	23%	22%	17%	17%	10%	19%
PEG1540	18%	31%	37%	31%	28%	36%	12%	35%	31%	29%
SILICON	0%	3%	3%	3%	4%	2%	2%	5%	3%	3%
SQUELENE	5%	2%	12%	4%	1%	2%	1%	7%	8%	5%

Dari data rata-rata prosentase kenaikan polimer pengaruh suhu dapat dilihat secara umum semua polimer mengalami kenaikan resistansi karena pengaruh kenaikan suhu lingkungan. Dari semua jenis polimer, rata-rata kenaikan terbesar adalah polimer PEG1540 dan terkecil adalah silikon. Sedangkan urutan kenaikan terbesar sampai terkecil adalah; PEG1540, PEG20M, PEG200, PEG6000, squelene dan silikon. Grafik prosentase kenaikan resistansi ke-6 polimer karena pengaruh suhu pada injeksi setiap gas ditunjukkan pada gambar 14;



Gb.14 Grafik prosentase kenaikan resistansi polimer terhadap perubahan suhu pada injeksi tiap gas

4. Pengujian terhadap pengaruh kelembaban

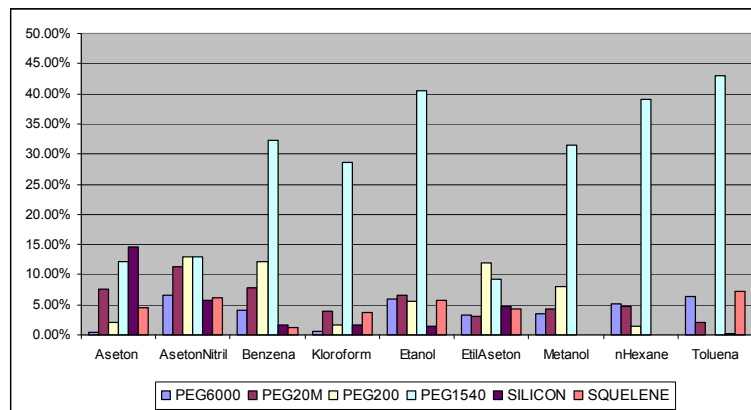
Pada pengujian pengaruh kelembaban, sensor polimer diuji didalam ruang pengujian dengan kondisi kelembaban yang bervariasi. Untuk melihat prosentase kenaikan resistansi masing-masing polimer terhadap kenaikan kelembaban dibuat prosentase rata-rata dari selisih setiap kenaikan kelembaban. Data rata-rata prosentase kenaikan resistansi polimer pengaruh suhu diperlihatkan pada tabel 4;

Tabel 4. Prosentase rata-rata kenaikan resistansi polimer pengaruh kelembaban

Polimer	Aseton	Aseton Nitril	Benzena	Kloroform	Etanol	EtilAseton	Metanol	nHexane	Toluena	%rata2
PEG6000	0,40%	6,60%	4,11%	0,70%	5,87%	3,29%	3,51%	5,17%	6,36%	4,00%
PEG20M	7,70%	11,26%	7,86%	3,90%	6,62%	3,01%	4,24%	4,72%	2,14%	5,72%
PEG200	1,96%	13,03%	12,22%	1,68%	5,56%	11,87%	7,96%	1,40%	0,00%	6,19%
PEG1540	12,0%	12,93%	32,30%	28,59%	40,4%	9,26%	31,46%	39,11%	42,9%	27,6%

Polimer	Aseton	Aseton Nitril	Benzena	Kloroform	Etanol	EtilAseton	Metanol	nHexane	Toluena	%rata2
0	5%		%	%	6%		%	%	1%	7%
SILICON	14,57%		1,73%		1,44%		1,66%	1,61%	0,23%	3,69%
SQUELENE	4,46%	6,12%	1,22%	3,80%	5,77%	4,32%	1,71%	16,84%	7,15%	5,71%

Dari data rata-rata prosentase kenaikan polimer pengaruh kelembaban dapat dilihat secara umum semua polimer mengalami kenaikan resistansi karena pengaruh kenaikan kelembaban lingkungan. Dari semua jenis polimer, rata-rata kenaikan terbesar adalah polimer PEG1540 dan terkecil adalah silikon. Sedangkan urutan kenaikan terbesar sampai terkecil adalah; PEG1540, PEG200, PEG20M, squelene, PEG6000, dan silikon. Grafik prosentase kenaikan resistansi polimer karena pengaruh kelembaban pada injeksi setiap gas ditunjukkan pada gambar 15;



Gb.15 Grafik prosentase kenaikan resistansi polimer terhadap perubahan kelembaban pada injeksi tiap gas

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian sensor polimer terhadap 4 faktor, dapat disimpulkan:

1. Bahan PEG6000, PEG20M, PEG200, PEG1540, silikon dan squelene bisa dibuat menjadi sensor gas dengan memberi additif karbon aktif menjadi komposit polimer-karbon.
2. Sensor komposit polimer karbon yang dibuat mendeteksi gas dengan perubahan nilai resistansi apabila terkena gas.

3. Sensor komposit polimer-karbon mempunyai resistansi yang berbeda-beda tergantung dari jenis bahan polimernya.
4. Pada mapping CA beberapa polimer meunjukkan kesamaan reaksi saat diuji dengan beberapa gas sampel. Dari mapping CA juga terlihat korelasi antara polimer dengan jenis gas yang menunjukkan semakin dekat posisi antara polimer dengan gas semakin baik pendeteksian polimer terhadap gas tersebut.
5. Resistansi sensor akan naik sebanding dengan kenaikan volume injeksi, kenaikan suhu dan kelembaban dengan persamaan garis polinomial orde 2 dan orde 3 dan sebagian linier

DAFTAR PUSTAKA

- Jiri Janata And Mira Josowicz (2002), *Conducting Polymers In Electronic Chemical Sensors*.
- Hua Bai and Gaoquan Shi (2006), *Gas Sensors Based on Conducting Polymers*.
- Atkins, P. W. (1990), *Physical Chemistry*. 4th ed. New York: W.H. Freeman.
- Elias, H.-G. (1987), *Mega Molecules*. Berlin: Springer-Verlag
- Department Of Chemical Engineering Brigham Young University (2006), *Modeling And Data Analysis Of Conductive Polymer Composite Sensors*.
- Frank Zee and Jack Judy (1999), *Mems Chemical Gas Sensor Using A Polymer-Based Array*, Published at Transducers '99 - The 10th International Conference on Solid-State sensors and Actuators on June 7-10, Sendai, Japan
- Kohlman, R. S. and Epstein, Arthur J. (1998), *Insulator-Metal Transistion and Inhomogeneous Metallic State in Conducting Polymers*. Skotheim, Terje A.; Elsenbaumer, Ronald L., and Reynolds, John R., Editors. Handbook of Conducting Polymers. 2nd ed. New York: Marcel Dekker; pp. 85-122.